

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения  
 Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника  
 Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Расчет солнечной теплонасосной установки для теплоснабжения на Ташкентской ТЭЦ</b>

УДК 621.472.001.6(575)

**Студент**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б13	Матажиев Фархад Сапаралиевич		

**Руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Нагорнова Татьяна Александровна			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры менеджмента	Кузьмина Наталья Геннадьевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гусельников Михаил Эдуардович			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПТ	Кузнецов Г.В.	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2016

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Электронного обучения  
Направление подготовки теплоэнергетика и теплотехника  
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой ТПТ  
\_\_\_\_\_ Кузнецов Г.В.  
(Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломного проекта
--------------------

Студенту:

Группа	ФИО
<b>3-5Б13</b>	Матажиев Фархад Сапаралиевич

Тема работы:

<b>Расчет солнечной теплонасосной установки для теплоснабжения на Ташкентской ТЭЦ</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3778/с от 25.05.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документация.
--	---

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Введение. Описание производственного процесса, выбор мощности теплового насоса, расчет параметров элементов и характеристик тепловой цепи, социальная ответственность проекта, финансовый менеджмент, заключение.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	A1 2шт и A3 1 шт
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Кузьмина Н.Г., ст. преп. каф. менеджмента
<b>Социальная ответственность</b>	Гусельников М.Э., доцент каф. ЭБЖ
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	28.04.2016 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Нагорнова Татьяна Александровна	к.т.н.		28.04.2016 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б13	Матажиев Фархад Сапаралиевич		28.04.2016 г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 101с., 16рис., 15 табл., 78 источников использованной литературы.

Ключевые слова: теплоэлектростанция, тепловой насос, хладон, солнечный коллектор, конденсатор, испаритель.

Целью работы: расчет солнечной теплонасосной установки для повышения энергоэффективности за счет снижения энергетических потерь и обеспечение требуемой подачи тепла для отопления и горячего водоснабжения объектов социальной и коммунальной сферы.

В процессе исследования проводились испытания солнечной теплонасосной установки, были произведены расчеты на отопления административных зданий.

В результате исследования: по тепловым нагрузкам была рассчитана тепловая схема солнечного коллектора и рассмотрена возможность применение теплового насоса для нужд отопления административных зданий Ташкентской ТЭЦ.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: экспериментальная установка состоит из солнечного коллектора, тепловой насос, котельная, накопитель энергии, бойлерная.

Область применения: энергетика (конструирование теплообменных систем)

Экономическая значимость работы заключается в разработке научных основ, позволяющих создать энергоэффективную солнечную теплонасосную установку для отопления и горячего водоснабжения объектов социальной и коммунальной сферы.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью программ schemagee 2.05, в текстовом редакторе MS Word.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЯ.	11
1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА.	13
1.1 Географическая положения.	13
1.2 Особенность климата г. Ташкента.	13
2.ТЕХНОЛОГИЯ ИСПЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.	15
2.1 Схема подключения тепловых насосов а систему теплоснабжения.	15
2.2 Схема комбинированного использования тепловых насосов и солнечных коллекторов.	20
3.РАСЧЕТ СОЛНЕЧНО-ТЕПЛОНАСОСНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ.	23
3.1 Методика расчета солнечно-теплонасосныхсистем теплохладоснабжения.	23
4. ВЫБОР И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОГО НАСОСА И СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ.	34
4.1 Определения параметров существующих отопительных установок зданий при использовании тепловых насосов.	34
4.2 Выбор источника тепла (реконструкция).	38
4.3 Выбор схемы подключения теплового насоса к теплоэлектростанции.	38
5. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.	41
5.1. Основные расчётные зависимости.	41
5.2 Расчёт термического сопротивления ограждающих конструкций.	42
5.3 Расчёт толщины основного теплоизоляционного слоя.	43
5.4 Определение фактического термического сопротивление и коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций.	44
6 РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЗДАНИЯ.	46
6.1 Расчётная мощность системы отопления.	46
6.2 Теплопотери через ограждающие конструкции.	46
6.3 Определения отопительной нагрузки.	51
6.4 Построение графиков расхода теплоты.	53
6.5Тепловой расчет теплового насосной установки.	55
6.6 Расчет парокомпрессионного теплового насоса.	56
7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСЕРСОСБЕРЕЖЕНИЯ.	72
7.1 Расчет сметы затрат на разработку проекта.	72
7.2 Материальные затраты.	73
7.3 Амортизация основных фондов и нематериальных актив.	74

7.4 Размер основной заработной платы.	75	
7.5 Социальные отчисления.	76	
7.6 Прочие затраты.	76	
7.7 Накладные расходы.	76	
6.8 Затраты на проект.	76	
7.9 Расчет экономического эффекта.	77	
8. ЭКОЛОГИЯ.	82	
9. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.		87
9.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой. производственной среды.		87
9.2 Анализ опасных факторов.	91	
9.2.1 Электробезопасность.	92	
9.2.2 Пожарная безопасность.	94	
9.3 Экологическая безопасность.	95	
9.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	96	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		
ЛИТЕРАТУРА		

## **ВВЕДЕНИЕ**

Экономия энергии за счет снижения энергетических потерь в результате высокой теплоотдачи оборудования, совершенствования источников тепла и холода для установок отопления и кондиционирования воздуха является важным направлением исследований в области энергоэффективности.

Узбекистан располагает большим потенциалом солнечной энергии. Одним из первоочередных мероприятий по её использованию является преобразование её в низкопотенциальную тепловую энергию, в частности на нужды горячего водоснабжения, а также отопления. Однако в силу технико-экономических причин автономные солнечные системы теплоснабжения не получили на данный момент широкого распространения в республике. Прежде всего это невозможность получать стабильно тепло от солнечных систем в течение всего года.

Высокая доля ископаемых энергоносителей в нашем энергоснабжении становится проблематичной вследствие ограниченных запасов нефти и газа. Способ получения электроэнергии в будущем сдвинется в направлении более регенеративных или же совершенно новых методов производства.

Учитывая огромный потенциал теплоты откачиваемых шахтных вод в масштабе страны, широкое внедрение технологии использования низкопотенциальных тепловых источников является не только важной государственной задачей экономии топливно-энергетических ресурсов и повышения экологической чистоты производства, но и дает дополнительный стимул использования возобновляемых источников энергии на теплоэлектростанциях республики, повышая тем самым её конкурентоспособность.

Для широкого внедрения энергосберегающих высокоэффективных технологий в республике с использованием тепловых насосов необходимо:

- создать законодательно-нормативную базу, способствующую внедрению технологий с применением ТНУ в жилищно-коммунальной сфере;
- разработать государственную Программу, предусмотрев объемы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию новых технологий; конструкций экономичных и эффективных тепловых насосов для теплоснабжения и горячего водоснабжения объектов социальной сферы и индивидуальных домов; экологически чистых хладагентов, а также необходимые финансовые ресурсы для активного их внедрения;
- разработать и предложить эффективные меры по устранению перекоса цен на тепловую и электрическую энергию, позволяющую использовать вторичные энергоресурсы (ВЭР);
- в государственных научно-технических программах ввести раздел по исследованию, созданию и внедрению новых энергосберегающих технологий с применением тепловых насосов для теплоснабжения объектов социальной и коммунальной сферы;
- для предприятий, внедряющих ТНУ, установить налоговые льготы, а также тарифы на оплату электроэнергии, потребляемой приводами тепловых насосов.

Целью выпускной квалификационной работы является расчет солнечной теплонасосной установки для повышения энергоэффективности за счет снижения энергетических потерь и обеспечение требуемой подачи тепла для отопления и горячего водоснабжения объектов социальной и коммунальной сферы. Также применение солнечной ТНУ позволит не только значительно экономить топливно-энергетические ресурсы, но и повысить экологическую чистоту производства.



## **1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА**

### **1.1 Географическая положение**

Ташкент расположен в северо-восточной части республики, на равнине в долине реки Чирчик, на высоте 440—480 м над уровнем моря и занимает территорию в 30 тысяч гектар. К востоку и северо-востоку от Ташкента расположены отроги западного Тянь-Шаня., Ташкент характеризуется переходным климатом от умеренного континентального к субтропическому внутриконтинентальному. Среднегодовая температура воздуха составляет +14.8°C.

### **1.2 Особенности климата г.Ташкета**

Ташкент располагается на границе субтропического и умеренно-континентального климатических поясов. В год выпадает 440 мм осадков, что, в сравнении с низменными полупустынными и пустынными областями, вследствие близости гор здесь довольно значительно. Морозы обычно весьма непродолжительны, но при прояснениях температура иногда снижается до минус 20 °C и ниже, летом температура нередко достигает 35-40 °C в тени. Минимальная температура — 29,5 °C (20 декабря 1930 года), максимальная + 44,6 °C (18 июля 1997 года). 40-дневный период безветренного летнего зноя, известный как чилля, является неотъемлемой частью городской культуры Ташкента[6]. Весна и осень наступают рано. Это связано главным образом с тем, что прогрев и остывание воздуха происходит быстро вследствие отсутствия водоёмов.

Среднегодовая температура — +14,8 C°

Среднегодовая скорость ветра — 1,4 м/с

Среднегодовая влажность воздуха — 56 %Климат Ташкента

Климат Ташкента													
Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Абсолютный максимум, °C	22,2	25,7	32,5	36,4	39,9	43,0	44,6	43,1	39,8	37,5	31,1	27,3	44,6
Средний максимум, °C	6,8	9,4	15,2	22,0	27,5	33,4	35,7	34,7	29,3	21,8	14,9	8,8	21,6
Средняя температура, °C	1,9	3,9	9,4	15,5	20,5	25,8	27,8	26,2	20,6	13,9	8,5	3,5	14,8
Средний минимум, °C	-1,5	0,0	4,8	9,8	13,8	18,0	19,7	18,0	12,9	7,8	4,1	0,0	8,9
Абсолютный минимум, °C	-28	-25,6	-16,9	-6,3	-1,7	3,8	8,2	3,4	0,1	-11,2	-22,1	-29,5	-29,5
Норма осадков, мм	53	64	69	61	41	14	4	1	6	24	44	59	440
Источник: Погода и климат													

Солнечная радиация, поступающая на земную поверхность, является источником энергии почти для всех природных процессов и одним из основных климатообразующих фактора. Приход солнечной радиации определяется, прежде всего, продолжительностью дня и высотой солнца. На продолжительность светового дня и на угол наклона солнечных лучей к земной поверхности оказывает влияние широта места.

С увеличением широты возрастает годовая амплитуда продолжительности работы гелиоустановок. В июне и июле на широте  $60^0$  возможная продолжительность работы гелиоустановки может превышать 500ч.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что в настоящее время солнечную энергию целесообразно использовать для отопления и горячее водоснабжения потребителей и как дополнительного источника энергии для населения.

## **2. ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

### **2.1 Схемы подключения тепловых насосов в системы теплоснабжения**

В настоящее время, когда мировые цены на энергоносители неудержимо растут, а их запасы, доступные для рационального извлечения, ощутимо уменьшаются, проблема использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии является не только актуальной, но и жизненно необходимой задачей и, в первую очередь, для энергодефицитных районов республики.

Одним из путей решения этой задачи является широкомасштабное внедрение теплонасосных установок (ТНУ).

Теплонасосной называется установка, преобразующая низкопотенциальную природную энергию или низкотемпературную энергию вторичных энергоресурсов в тепловую энергию более высокого температурного потенциала, энергию пригодную для практического использования.

За счёт тепла, накопленного в грунте, в воде естественных водоемов, в атмосферном воздухе, тепла сбросных вентиляционных потоков или систем охлаждения энергетического и технологического оборудования, оказывается, возможно с помощью ТНУ, организовать отопление, кондиционирование и горячее водоснабжение объектов ЖКХ, получить технологическое тепло для различных промышленных и сельскохозяйственных объектов, создать оптимальный микроклимат в помещениях культурно-социального сектора. При этом преобразование теплоты в ТНУ осуществляется с высокой энергетической эффективностью. Обычно на 1 кВт затраченной энергии в парокомпрессионном тепловом насосе потребителю может быть передано 3-4 и более кВт тепловой энергии. ТНУ являются экологически чистыми, надежными в эксплуатации, универсальными по виду низкопотенциального источника и уровню производимой мощности, полностью автоматизированными и с длительным сроком службы. По прогнозам Международного Энергетического Комитета к

2020 году 75% отопительных установок в системах теплоснабжения развитых стран мира будут работать, используя энергосберегающую теплонасосную технологию.

К сожалению, если в развитых и развивающихся странах счёт работающих ТНУ ведётся на сотни тысяч и миллионы, в Узбекистане они отсутствуют. Трудно указать какое-либо другое направление развития новой техники и технологии, которое бы находилось в таком разительном противоречии, как со своими потенциальными возможностями, так и с количеством работающих установок в сравнении с другими странами. Объясняется это целым рядом объективных и субъективных факторов: преимущественным развитием централизованного теплоснабжения и теплофикации, низкими ценами на жидкое и газообразное топливо, недостаточным вниманием к экономии топливно-энергетических ресурсов и низким внедрением в экономику страны передовых энергосберегающих технологий и оборудования. К причинам отставания республики от стран, успешно использующих теплонасосную технологию, можно отнести также и отсутствие государственной поддержки при разработке, исследовании и внедрении данного типа оборудования, отсутствие рекламного парка работающих ТНУ.

Но главным фактором, конечно, является низкая цена на органическое топливо и главным образом на газ, используемый в основном для получения коммунального тепла, и высокая стоимость электрической энергии, используемой для привода тепловых насосов.

Лучше вместо относительно дешевых газовых котлов устанавливать сегодня более дорогие, но более перспективные ТНУ для отопления и горячего водоснабжения своих домов

Сопоставление затрат на производство одного киловатт часа тепловой энергии, для различных видов теплогенераторов, выполненное при

условиях, что при стоимости газа от 150 \$ США/ тыс. м<sup>3</sup> и выше показывает, что альтернативы ТНУ нет.

Эффективность тепловых насосов в последние годы значительно возросла в силу изменений, внесённых в конструкцию компрессоров (практически все современные тепловые насосы оснащены компрессорами типа Scroll), новых типов теплообменных аппаратов, систем управления на базе микропроцессоров. Если тепловой насос выбран профессионально, то срок его эксплуатации оценивается в 30 лет. Срок окупаемости ТНУ, зависящий от большого числа факторов, сегодня составляет 4-6 лет.

Анализ ситуации в экономике Узбекистана, в целом, и в её энергорасточительном жилищно-коммунальном хозяйстве, в частности, показывает, что имеются колоссальные потенциальные возможности сбережения дорогостоящего органического топлива и снижения загрязнения окружающей среды продуктами сгорания и, наконец, улучшения социальных условий жизни населения при внедрении теплонасосной технологии в областях, где это внедрение целесообразно. Это, прежде всего, системы отопления и горячего водоснабжения жилищных, административных и социальных объектов, это некоторые технологические процессы в промышленности и сельском хозяйстве, системы поддержания оптимального микроклимата объектов различного функционального назначения и др.

Очевидно, что из всех вышеназванных источников низкопотенциальной энергии сточные воды городов представляют собой наиболее предпочтительный возобновляемый источник тепловой энергии. Температура сточной воды составляет +20 °С, а на улице в это время было -25°С. Артезианские воды со среднегодовой температурой 10-12°С, водопроводная вода с температурой в течении года от 5 до 16°С также могут быть рассмотрены как источники низкопотенциальной энергии, правда ее запасы меньше по сравнению со сточной водой.

Кроме того, значительным источником низкопотенциального тепла являются сбросные воды теплоэлектростанций, среднегодовая температура которых составляет 22-26°C.

Важнейшей особенностью ТНУ является универсальность по отношению к виду первичной энергии, возможность использования практически всех видов энергии, поскольку компрессор ТНУ можно приводить в действие механическим, электрическим и любым тепловым двигателем. Это способствует оптимизации топливного баланса с замещением дефицитных энергоресурсов менее дефицитными видами.

Крупным преимуществом схем теплоснабжения ТНУ с электрическим приводом является их высокая экологическая эффективность. ТНУ расходуют в 3-4 раза меньше топлива. По сравнению с электроотоплением расход электроэнергии сокращается на 50-70%. Благодаря полной автоматизации, ТНУ не требует постоянного обслуживания.

Как свидетельствует мировой опыт, ТНУ довольно интенсивно вытесняют традиционные схемы теплоснабжения, основанные на сжигании органического топлива.

Однако, прежде чем остановиться на некоторых примерах наших внедрений ТНУ считаем необходимым подчеркнуть, что указанные выше достоинства тепловых насосов вовсе не означают абсолютную целесообразность замены ими традиционных теплогенераторов. Каждый вид отопления имеет свою нишу рационального применения в конкретных условиях. В то же время, там, где внедрение тепловых насосов определено технико-экономическими расчётами, они имеют неоспоримые энергетические преимущества перед другими технологиями генерации коммунального тепла.

Значительным тепловым потенциалом располагают, как известно, хозяйственно-бытовые стоки в коммунальном хозяйстве, используя которые можно существенно снизить в ЖКХ себестоимость тепловой энергии.

Примерами крупномасштабного внедрения тепловых насосов для утилизации низкопотенциального тепла неочищенных сточных вод и располагают теплоэлектростанции. Для этого должна быть введена в эксплуатацию автоматизированная теплонасосная установка. В качестве низкопотенциального источника теплоты в ней могут использоваться неочищенные бытовые сточные воды, аккумулируемые в приёмном резервуаре канализационной насосной станции. При этом в процессе эксплуатации достигается высокая эффективность работы теплообменника-утилизатора, что позволяет получить на входе в испарители тепловых насосов температуру на 2-3°C выше расчётной. Основные параметры, получаемые при эксплуатации этой установки в двух режимах, приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Режимные параметры теплонасосной установки для ТЭС

Параметры	Размерность	Величина	
		Режим 1	Режим 2
Тепловая мощность	кВт	1980	1623
Тепловая мощность утилизации	кВт	1395	1120
Температура нагрева воды	°C	29,8	26,8
Электрическая мощность ТТУ	кВт	655,3	522,8
Полная электрическая мощность	кВт	678,0	547,4
Температура сточных вод	°C	20	22
Расход сточных вод	м <sup>3</sup> /ч	398	406
Экономия энергии	%	65,0	66,6

Одним из решений этой проблемы является внедрение технологий с возможностью поэтапного финансирования и наращивания теплопроизводительности, постепенно замещая отдельные котельные агрегаты.

Следует также подчеркнуть возможность производства реверсивными тепловыми насосами в летнее время холодной воды с температурой 4÷6°C,

которую можно применить для целей кондиционирования воздуха, увеличивая тем самым коэффициент использования установок.

## 2.2 Схемы комбинированного использования тепловых насосов и солнечных коллекторов.

Тепловой насос, включенный в систему воздушного отопления, используя электроэнергию, отбирает тепло от наружного воздуха с низкой температурой и нагнетает в помещение тепло более высокой температуры. Расход электроэнергии при этом на 35...50% меньше, чем в отопительной системе с электрическим нагревателем такой же мощности. В системе с тепловым насосом тепловой коэффициент, или коэффициент трансформации тепла ( $KTT$ ), достигает 2...4.  $KTT$  зависит от значения разности температур низко- и высокотемпературного источника тепла.

В зимний период при температуре воздуха ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , целесообразно в тепловом насосе использовать подземные воды с температурой более  $15^{\circ}\text{C}$ , что обеспечивает высокий  $KTT$ . Таким образом, при использовании подземных вод расход энергии составляет 17...25% затрат энергии на работу системы отопления.

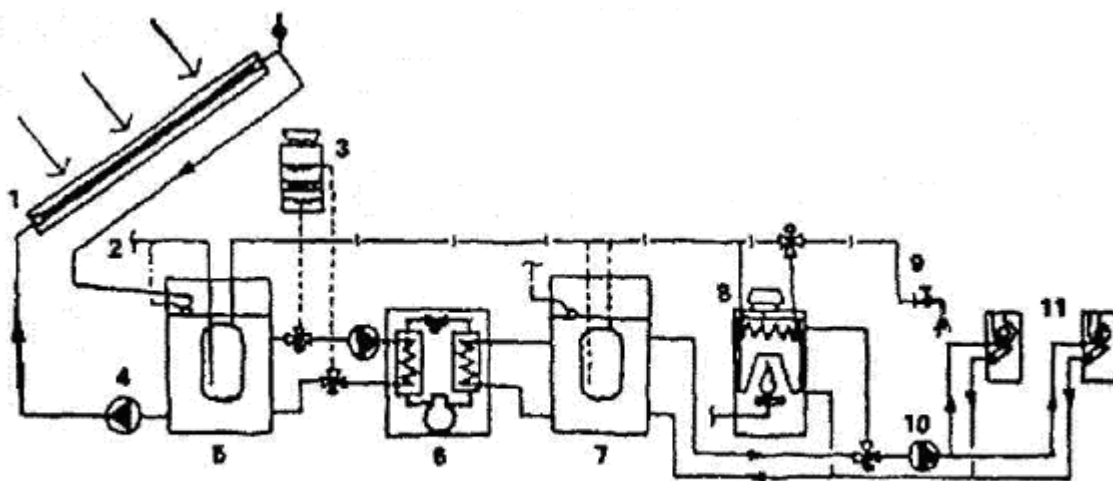




Рис. 2.1 Схема системы солнечного отопления (охлаждения) и горячего водоснабжения с тепловым насосом:

1- коллектор; 2 - подача воды; 3 - охлаждающая башня (используется летом, когда необходимо охлаждение) ; 4 - коллекторный насос; 5 - в зимний период бак-аккумулятор с водой низкой температуры, в летний период накопительный бак-аккумулятор с водой высокой температуры; 6 - тепловой насос вода-вода; 7 - зимой - высокотемпературный аккумуляторный бак, летом - бак с охлаждающей водой; 8 - дополнительный бойлер (двухконтурный); 9 - подача горячей воды; 10 - насос для системы отопления (охлаждения); 11 - змеевики вентиляторов.

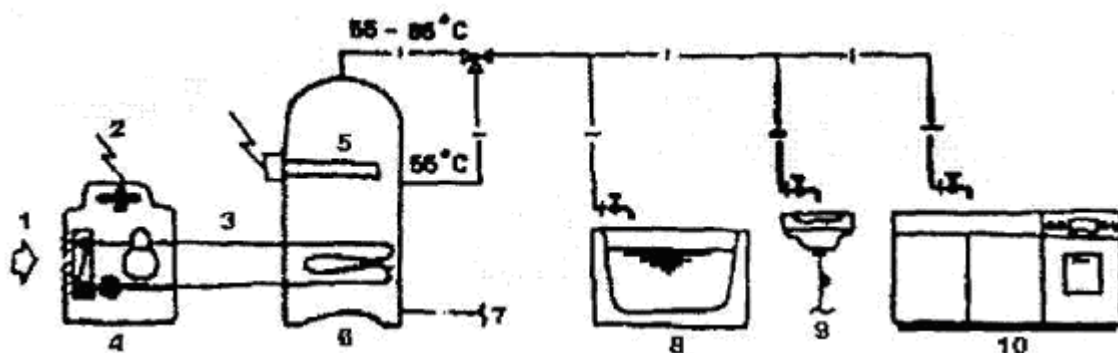


Рис. 2.2 Система горячего водоснабжения с тепловым насосом:

1 - наружный воздух; 2 - электроэнергия ночного тарифа; 3 - хладагент; 4 - часть системы, находящаяся вне помещения; 5 - нагреватель; 6 - накопительный бак; 7 - подача воды потребителю; 8 - ванна; 9 - туалет; 10 - кухня.

Однако, подходящие для этой цели подземные воды можно обнаружить не везде, поэтому как низкотемпературный источник тепла используется солнечное излучение.

Солнечная установка горячего водоснабжения с тепловым насосом наиболее эффективна с точки зрения экономии энергии в летний период. Установку горячего водоснабжения с применением теплового насоса целесообразно использовать для охлаждения и отопления здания. Недостатком таких солнечных установок является лишь очень высокая стоимость, которая тем не менее имеет тенденцию к постепенному снижению, что приведет, конечно же, к их более широкому применению уже в ближайшие годы в Узбекистане.

Солнечное тепло в установках с тепловыми насосами используют, когда необходимо отопление, а источник электроэнергии включают в период работы систем охлаждения. В системе солнечного отопления на основе теплового насоса, как правило, используют воздух, нагретый солнечной энергией до температуры 10...20°C, что обеспечивает высокий коэффициент использования солнечного излучения. Это способствует тому, что строится достаточно много солнечных домов с системами на основе тепловых насосов. Однако для этих систем, хотя и в небольших количествах, но все же необходима электроэнергия.

В доме с большими теплопотерями ставить насос большой мощности (более 30 кВт) невыгодно. Он громоздок, а будет работать в полную силу всего лишь около месяца, ведь количество действительно холодных дней не превышает 10-15% от длительности отопительного сезона. Поэтому часто мощность теплового насоса устанавливают равной 70-80% от расчетной отопительной, так как она будет покрывать все потребности дома в тепле до тех пор, пока уличная температура не опустится ниже определенного расчетного уровня (температуры бивалентности), например, минус 5-10°C.

С этого момента в работу включается второй генератор тепла. Чаще всего таким помощником служит небольшой электронагреватель, но можно поставить и жидкотопливный котел. Возможны и более сложные тепловые бивалентные схемы, например, включение солнечного коллектора. У некоторых серийных систем тепловых насосов и солнечных коллекторов такая возможность предусмотрена в конструкции. В этом случае смешивание тепла, идущего от теплового насоса (достаточно инерционная система) и от солнечного коллектора (малоинерционная система) производится в выравнивающем бойлере.

## **7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСЕРСОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Планирование работы в данной работе заключается в следующем: составление перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определение участников работы; установление продолжительности работы в рабочих днях.

Определение затрат по запланированным работам осуществляется в форме сметной калькуляции, для расчета которой должны быть использованы действующие рыночные цены, а также данные производственных и научно – исследовательских подразделений. Обычно затраты на любой вид деятельности рассчитываются по следующим элементам расходов с последующим суммированием:

- материальные затраты;
- затраты на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды (единый социальный налог);
- амортизация основных фондов и нематериальных активов;
- накладные издержки и прочие затраты;
- прочие расходы.

### **7.1 Расчет сметы затрат на разработку проекта.**

Затраты на проект:

$$K_{\text{ПР}} = I_{\text{МАТ}} + I_{\text{АМ}} + I_{\text{ЗП}} + I_{\text{СО}} + I_{\text{ПР}} + I_{\text{НР}} \quad (7.1)$$

где  $I_{\text{МАТ}}$  - затраты на материал;

$I_{\text{АМ}}$  - амортизационные отчисления;

$I_{\text{ЗП}}$  - затраты на заработную плату;

$I_{\text{СО}}$  - социальные отчисления;

$I_{\text{ПР}}$  - прочие затраты;

$I_{\text{НР}}$  - накладные расходы

## 7.2 Материальные затраты

$$I_{MAT} = 1300 \text{ руб.}$$

Поэтапный список работ, работающие исполнители, оценка объема трудоемкости отдельных видов работ сведена в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Перечень работ и оценки времени их выполнения

	Наименование работ	Исполнитель	Продолжительность дней
1	Подготовка исходных данных для разработки проекта	Руководитель, Инженер	1
2	Подборка данных: <ul style="list-style-type: none"><li>• По тепловому потреблению</li><li>• По нормативным потерям тепла</li><li>• Предложение по тепло-изоляции здания</li></ul>	Инженер	20
3	Анализ данных	Инженер	12
4	Основные технологические решения	Инженер	13
5	Составления плана работы: <ul style="list-style-type: none"><li>• Расчет сопротивления теплопередачи здания</li><li>• Расчет удельного расхода тепловой энергии системой отопления</li></ul>	Руководитель Инженер	2
6	Исправления замечаний	Инженер	10
7	Проверка исправлений и замечаний	Руководитель	1
8	Утверждение ВКР	Руководитель	1
9	Итого	Инженер	58
		Руководитель	5

Таблица 6.2 – Расходы на этапе проектирования на материальные затраты

Наименование	Количество, шт	Цена, руб
Листы формата А4, 1 лист – 0,4 руб.	3000	1200
Листы формата А3, 1 лист – 1,2 руб.	600	720
Рулонная бумага, 1рулон (20метров)-200 руб	10	2000
Итого		3920

### 7.3 Амортизация основных фондов и нематериальных актив.

К основным фондам при выполнении проекта относятся электронная вычислительная техника (компьютер, ноутбук) и печатающее устройство (принтер), данные сведены в таблицу 6.3

Таблица 6.3.

Вид техники	Кол-во	Стоимость техники, Ц <sub>к.т.</sub>	Норма амортизации, Т <sub>ам</sub>	Амортизационные отчисления, И <sub>ам</sub>
1. Ноутбук	1	23000	20%	945,21
2. Компьютер	1	62000	20%	2547,95
3. Принтер	1	13000	20%	534,25

Амортизационные отчисления:

$$I_{AM} = \frac{T_{исп.к.т.}}{T_{кал.дн.}} \cdot C_{к.т.} \cdot \frac{1}{T_{ам}} \quad (7.2)$$

где  $T_{ам}$  - срок службы (для компьютера, ноутбука и принтера принимаем

$T_{ам} = 4 \text{ года}$ ;

$T_{кал.дн.}$  - время использования основных фондов (в днях);

$T_{исп.к.т.}$  - использование техники в период написания ВКР (в днях).

$$I_{AM.Комп.} = \frac{58}{365} \cdot 62000 \cdot \frac{1}{4} = 2463,01 \text{ руб.}$$

$$I_{AM.Ноут.} = \frac{58}{365} \cdot 23000 \cdot \frac{1}{4} = 913,69 \text{ руб.}$$

$$I_{AM.Принт.} = \frac{58}{365} \cdot 13000 \cdot \frac{1}{4} = 516,43 \text{ руб.}$$

Сумма амортизационных отчислений по основным фондам:

$$\sum I_{ам.осн.} = I_{AM.Комп.} + I_{AM.Ноут.} + I_{AM.Принт.} \quad (7.3)$$

$$\sum I_{ам.осн.} = 2463,01 + 913,69 + 516,43 = 3893,13 \text{ руб.}$$

#### 7.4 Размер основной заработной платы.

Среднедневная заработная плата:

$$I_{факт.ЗП} = \frac{I_{мес.ЗП}}{T} \cdot n \quad (7.4)$$

где  $T$  - число рабочих дней в месяце;

$n$  – количество фактических дней.

Исходя из данных производственного календаря:

Зарплата инженера:

$$I_{мес.ЗП}^{инж} = ЗПо \cdot K1 \cdot K2 \quad (7.5)$$

Зарплата руководителя:

$$I_{мес.ЗП}^{рук} = (ЗПо \cdot K1 + Д) \cdot K2 \quad (7.6)$$

где

$K1=1,1(10\%)$ – коэффициент, учитывающий отпуск;

$K2=1,3(30\%)$  – районный коэффициент;

$ЗПо=14500$  руб. –зарплата инженера;

$Д=2200$  руб. – доплата за интенсивность труда;

$ЗПо=23300$  – зарплата руководителя

Расчет зарплаты инженера и руководителя:

$$I_{мес.ЗП}^{инж} = 14500 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 20735 \text{ руб.}$$

$$I_{мес.ЗП}^{рук} = (23300 \cdot 1,1 + 2200) \cdot 1,3 = 36179 \text{ руб.}$$

Расчет фактической зарплаты за проведенную работу, принять п согласно таблице 8.1.

- Инженер

$$I_{\text{факт.ЗП}} = \frac{20735}{21} \cdot 58 = 57268.09 \text{ руб.}$$

- Руководитель

$$I_{\text{факт.ЗП}} = \frac{36179}{21} \cdot 5 = 8614.04 \text{ руб.}$$

### 7.5 Социальные отчисления.

Социальные отчисления рассчитываются как 30% от затрат на оплату труда ФЗП:

$$\Phi ЗП = I_{\text{рук.ЗП}} + I_{\text{инж.ЗП}} = 57268.09 + 8614.04 = 65882.13 \text{ руб.} \quad (7.7)$$

$$I_{\text{СО}} = \Phi ЗП \cdot 30\% = 65882.13 \cdot 0,3 = 19764.63 \text{ руб.} \quad (7.8)$$

### 7.6 Прочие затраты.

Прочие затраты это 10% от суммы всех предыдущих затрат:

$$I_{\text{ПР}} = 0,1 \cdot (I_{\text{МАТ}} + I_{\text{АМ}} + I_{\text{ЗП}} + I_{\text{СО}}) \quad (7.9)$$

$$I_{\text{ПР}} = 0,1 \cdot (1300 + 3893,13 + 65882.13 + 19764.63) = 9083.99 \text{ руб.}$$

### 7.7 Накладные расходы.

При работе на базе НИ ТПУ, в стоимость проекта учитываются накладные расходы, включающие в себя затраты на аренду помещений, оплату тепловой и электрической энергии, затраты на ремонт зданий и сооружений, заработную плату административных сотрудников и т.д. Накладные расходы рассчитываются как 200 % ото затрат на оплату труда.

$$I_{\text{НР}} = 2 \cdot \sum I_{\text{ЗП}} = 2 \cdot 65882.13 = 131764.26 \text{ руб.} \quad (7.10)$$

### 6.8 Затраты на проект.

$$K_{IP} = I_{MAT} + I_{AM} + I_{3П} + I_{CO} + I_{IP} + I_{HP}$$

$$K_{IP} = 1300 + 3893,13 + 65882,13 + 19764,63 + 9083,99 + 131764,29 = 213688,17 \text{ руб.}$$

## 7.9 Расчет экономического эффекта.

Произведем оценку комбинированной установки на примере 5-этажного жилого дома, расположенного в г.Ташкенте. Стандартная секция жилого дома имеет размеры порядка: ширина  $B = 15$  м, длина  $A = 30$  м, площадь  $S1 = 450 \text{ м}^2$ . С учетом инфраструктуры дома (лестницы, лифт, коридоры) норму площади равна  $30 \text{ м}^2$  на человека. Число жителей будет – 15 чел./этаж. Исходя из нормы на обогрев помещений  $77 \text{ Вт/м}^2$  (расчетная температура наружного воздуха -  $10^0\text{C}$ , этажность 4-6, здание строительства после 2000 г.) и нормативного расхода на горячее водоснабжение  $250 \text{ Вт/чел.}$ , энергоемкость  $1 \text{ м}^2$  площади составит  $N1 = 85 \text{ Вт/м}^2$ . Солнечные коллекторы располагаются на крыше здания.

За отопительный сезон  $\tau = 150 \times 24 = 3600$  час энергопотребление  $1 \text{ м}^2$  жилой площади составит  $\text{Эсез} = N1 \times \tau = 85 \times 3600 = 306000 \text{ Вт}\cdot\text{час/м}^2$ . Для г.Ташкента падающая радиация в плоскости солнечного коллектора за сезон аккумуляирования (апрель–сентябрь) при 9-часовой работе в сутки (с 8 по 17 часов) будет  $H_{\Sigma} = 1315171,4 \text{ Вт}\cdot\text{ч/м}^2$  [14].

Результаты расчетов представлены на рис. 3, где отслеживается ежемесячно (апрель– сентябрь) разность  $T_p - T_0$  между температурой теплоносителя и наружного воздуха, интенсивность излучения.

Выполним анализ работы системы «солнечные коллекторы – аккумуляирование – разрядка – тепловые насосы», обеспечивающей отопление и горячее водоснабжение в течение 150 суток трехсекционного пятиэтажного жилого дома. Считаем, что грунт характеризуется: теплопроводностью  $\lambda = 1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , объемной теплоемкостью  $c = 2.106 \text{ Дж/(м}^3\cdot\text{К)}$ , температуропроводностью  $a = 0.5 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . Температура грунта ниже  $h_g = 5$  м постоянная и равна  $+8^0\text{C}$  [15]. Ориентировочное значение тепловой мощности



на 1 м трубопровода составляет 20÷30 Вт. Требуемые для трехсекционного 5-этажного дома: мощность разрядки аккумулятора  $N_p$ , его конечная тепловая энергия  $E$  и средняя мощность аккумуляирования  $N_a$  при 9 часовой за сутки работе солнечных коллекторов будут:

$$N_p = N_1 \cdot S_1 \cdot 3 \cdot n_s = 85 \cdot 450 \cdot 3 \cdot 5 = 573,75 \text{ кВт}$$

$$E = N_p \cdot 1,555 \cdot 10^7 = 892 \cdot 10^5 \text{ кДж}$$

$$N_a = N_p \cdot \frac{24}{9} = 892 \cdot 10^5 \cdot 2,67 = 2378 \cdot 10^5 \text{ Вт}$$

При средневзвешенном значении  $\bar{\eta}_{CCT}^J$  для пластиковых коллекторов в 70%, а требуемая площадь солнечных коллекторов из выражения (12) составила

$S_{CCT} = 2378 \cdot 105 / (0,7 \times 1315171,4) = 258,3 \text{ м}^2$ , или 57,4% от жилой площади дома.

Возможны два варианта получения низкопотенциального тепла из грунта: укладка металлопластиковых труб в траншеи глубиной 1,2÷1,5 м либо в вертикальные скважины глубиной 20–100 м. Максимальная теплоотдача поверхностного грунта составляет 50÷70 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год. Аккумулятор необходимой тепловой емкости  $E = 6,123 \times 10^{12} \text{ Дж}$  создается системой грунтовых теплообменников. Шаг скважин –  $L = 1,8 \text{ м}$ . Площадь, занимаемая теплообменниками  $S_{oc} = 424,4 \text{ м}^2$ , что меньше площади одной секции дома  $S_1$ . Температура грунта  $T_{OC}$  к концу аккумуляирования поднимется до 55,2 °С (рис.3).

Сопоставим аккумулятор, организованный в естественном грунтовом массиве, с искусственно созданным. Из всех природных минералов наибольшую удельную объемную теплоемкость имеет вода –  $4,17 \times 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ . При нагреве низкопотенциальным источником воды от 10 до 50 °С увеличение теплосодержания 1 м<sup>3</sup> воды составит –  $e_1 = 1,67 \times 10^8 \text{ Дж}/\text{м}^3$ . Следовательно, удельный объем абсолютно теплоизолированного водяного аккумулятора,

покрывающего годовые тепловые затраты данного пятиэтажного трехсекционного дома, будет  $E/e_1 = 36695 \text{ м}^3$ . При размещении аккумулятора под домом его глубина составит 27,2 м, в то время как собственно высота дома будет меньше –  $3 \times 5 = 15 \text{ м}$ .

Если учесть, как уже отмечалось выше, что площадь, занимаемая теплообменниками, не превосходит площади одной секции дома и, следовательно, грунтовый теплообменник может быть помещен под домом, то можно сделать вывод о полной автономности и самодостаточности дома в смысле расположения в нем всех средств обеспечения для отопления и горячего водоснабжения.

В режиме охлаждения для оценки эффективности применяется холодильный коэффициент, равный отношению холодопроизводительности теплового насоса к мощности, потребляемой компрессором. Когда в тепловых насосах одновременно используется тепло и холод (например, охлаждение холодильных камер и нагрев офисных помещений), то суммарный коэффициент преобразования теоретически может достигать 12,7, что характеризует высокую энергетическую эффективность теплового насоса.

В абсорбционных тепловых насосах коэффициент преобразования ниже, чем в компрессионных из-за больших потерь в элементах абсорбционного контура. Так, при использовании грунтового аккумулятора с  $T_{o.c.} = 281,16 \text{ К}$  ( $8^\circ\text{C}$ ) и температурой полезного тепла  $T = 323,16 \text{ К}$  ( $50^\circ\text{C}$ ), коэффициент преобразования абсорбционного ТН составит всего 1,45 [5]. Температура полезного тепла в абсорбционных тепловых насосах зависит также от температуры нагрева генератора. При указанных выше температурах нагрев генератора должна быть не меньше  $150^\circ\text{C}$ .

Система кондиционирования на базе чиллера работает подобно системе отопления с котлом, нагревающим воду, и конечными нагревательными устройствами в помещениях, передающими энергию теплоносителя воздуху в помещении. Одно из неоспоримых преимуществ системы кондиционирования

на базе чиллера заключается в том, что сам чиллер может быть удален практически на любое расстояние от самого дальнего фанкойла. По своему устройству фанкойл напоминает внутренний блок кондиционера. Только вместо фреона в испарителе мы имеем холодную воду в теплообменнике.

**Таблица 7.1.** Техничко-экономические показатели внедрения комбинированной схемы теплоснабжения тепловым насосом с солнечными коллекторами для жилого дома

<i>Наименование показателей</i>	<i>Стоимость. в рублях</i>
Стоимость оборудования СК+ТНУ	3486067.2
Стоимость скважины	641520
Материалы грунтового коллектора	646800
Всего	4774387.2
Потребление природного газа, нм <sup>3</sup> за 9 месяцев	134,50
Стоимость природного газа, в руб за 9 месяцев	132780,78
Расход электроэнергии ТНУ, кВтч	4,8
Кол-во часов использования ТНУ (лето/конд)	3000.00
Стоимость потребленной электроэнергии за 5 мес. (лето/конд.)	29358,78
Кол-во часов использования ТНУ	2400,00
Стоимость потребленной электроэнергии за отопительный сезон	23482,8
Стоимость потребленных энергоносителей за 9 мес.	185613,78
2 вариант Котел-чиллер	
Стоимость оборудования чиллера	1270828,68
Стоимость оборудования котла 80 кВт	666309,6
Всего:	1937138,28
Потребление природного газа, нм <sup>3</sup> руб за 9 мес.	66443,52
Потребление электроэнергии чиллером, кВт	7,25
Кол-во часов использования чиллера, ч	1920,00
Стоимость потребленной электроэнергии за 5 мес. (лето/конд.)	28380
Стоимость потребленных энергоносителей за 9 мес,	996659,4

\* Расчет выполнен для текущих цен на энергоносители в Узбекистане

В таблице 7.1 выполнен сравнительный технико-экономические расчеты предлагаемой системы комбинированной солнечной теплоснасосной установки

с системой теплохладоснабжения на основе котла–чиллера. Чиллер представляет собой холодильный агрегат, который охлаждает циркулирующую в контуре воду. Исходные данные для расчета взяты по рекламным предложениям зарубежных фирм производителей.

В результате проведенных расчетов, представленных в таблица 7.1 было определено, что для комбинированной солнечной теплонасосной системы затраты по сравнению с установкой индивидуального котла на здании окупятся за

$$C_{ок} = C_{ок} = \frac{K_{СТНУ} - K_{котел}}{I_{котел} - I_{СТНУ}} = \frac{72139,2 - 29350,6}{15100,9 - 2812,33} = 3,68 \text{ лет.}$$

где  $K_{СТНУ}, K_{котел}$  - капитальные вложения соответственно на солнечную теплонасосную установку и котел-чиллер;  $I_{котел}, I_{СТНУ}$  - соответствующие годовые эксплуатационные издержки.

Из вышеизложенного следует, что предлагаемые схемы использования низкопотенциальных солнечных коллекторов в системах теплохладоснабжения с тепловыми насосами по соображениям топливо- и энергосбережения достаточно эффективны и экологически безопаснее, чем сжигание топлива в котлах. Повысить эффективность тепловых насосов можно, используя аккумуляторы холода. Таким образом, схемы теплохладоснабжения с тепловыми насосами, использующие возобновляемые источники, являются энергетически эффективным оборудованием.